

## (초)고층 건축물의 화재위험성 평가기법 위한 통계적 예측에 관한 연구

권영진 · 김동은  
호서대학교 소방방재학과

### A Study on the Development of Evaluation Methods for Fire Risk Analysis of High-rise Building

Kwon, Young Jin · Kim, Dong Eun

Hoseo University Fire and Disaster Protection Engineering

#### ABSTRACT

최근 소방법의 경우 초고층구조물을 대상으로 한 성능설계 및 화재영향평가등을 실시할 예정으로 있으며 특히 화재위험성평가등에 대한 대책이 요구되고 있으나 이에 대한 데이터가 부족하며 그 방법론 또한 구축되어 있지 못한 상황이다. 따라서 본보는 전보에 이어 화재위험성평가를 위한 방법론에 대한 일환으로서 위험성예측에 사용하는 화재발생의 상위에 의한 화재규모와 rmm 발생율을 각용도별로 기존의 화재에이터 및 가연물조사결과등으로부터 통계적으로 추정하는 방법에 대하여 검토한 것이다.

#### 1. 서 론

2009년부터 100 m 이상의 고층건물을 대상으로 화재영향평가를 실시하도록 소방법이 개정되었으나 그 평가를 실시하는 평가 틀에 관한 연구는 국내에서 거의 찾아보기 힘든 상황이다. 일반적으로 건축물의 화재위험도 예측이 곤란한 것은 화재현상이 복잡하고 기상조건 및 인간의 관여 등이 조건에 따라 불확정 요소가 많기 때문이다. 이와 같은 문제에 대한 대응 기술로서 일반적으로 화재 데이터를 이용하여 통계적인 예측 수법이 시행되고 있으나 고층건축물과 같이 절대수가 적은 것에 대하여는 그 예측은 불가능하게 된다.

한편, 화재해석 모델에 의한 공학적 예측은 출화율 및 인적관여 등을 포함한 예측이 곤란하다.

따라서 본 연구는 전보에 이어 일본의 손해보험협회에서 개발된 예측모델의 구축에 관하여 조사함과 더불어 통계적 예측에 관한 내용을 추가함으로써 향후 고층구조물에 대한

화재영향평가 방법을 위한 참고자료로서 제시하고자 한다.

## 2. 통계적 예측에 관한 데이터를 통한 분석

본 제 2보에서는 위험도 예측에 사용되는 화재발생의 상황에 따른 화재 규모와 그 발생률을 각 용도별로 기존의 화재데이터 및 가연물조사 결과 등으로부터 통계적으로 추정하는 방법을 고찰한다.

### 2.1 규모별의 화재 발생 빈도

#### 1) 화재 발생 확률

화재위험도 평가에서 필요한 화재 발생율은 단위공간당의 발생율이다. 단위공간에서의 단위로는 동과 층을 비롯하여 바닥 면적 등을 들 수 있다. 그러나 고층건축물과 일반건축물에서는 구획(층고)의 규모가 상이하므로, 단위바닥면적당 출화율이 필요하게된다. 이 출화율은 기존의 연구로서 추정되고, 그 일례로 나타낸 것이 표1이다.

표 1. 단위 면적당 화재발생률(건/m<sup>2</sup>/년간)

건물규모 (m <sup>2</sup> )	건물용도	~ 1000	1001 ~ 3000	3001 ~ 6000	6001 ~ 100000	10001 ~ 15000	15001 ~ 20000	20001 ~
사무소	-	-	7.33×10 <sup>-7</sup>	4.26×10 <sup>-7</sup>	2.24×10 <sup>-7</sup>	1.42×10 <sup>-7</sup>	1.12×10 <sup>-7</sup>	1.15×10 <sup>-7</sup>
호텔	2.91×10 <sup>-5</sup>	6.77×10 <sup>-6</sup>	2.43×10 <sup>-6</sup>	3.81×10 <sup>-6</sup>	4.96×10 <sup>-7</sup>	1.44×10 <sup>-6</sup>	3.95×10 <sup>-7</sup>	
공동주택	7.78×10 <sup>-6</sup>	6.33×10 <sup>-6</sup>	2.74×10 <sup>-6</sup>	3.46×10 <sup>-6</sup>	6.19×10 <sup>-6</sup>	4.87×10 <sup>-6</sup>	-	

#### 2) 화재규모의 분류

1)의 실제 발생한 화재중에는 발생한 화재가 매우 혼소로 끝나거나 플래쉬 오버를 경유하여 성기화재까지 확대되는 경우도 있다. 이러한 것을 규모별로 분류함으로서 각 규모가 정하는 비율 즉, 각 화재규모의 발생규모를 구할 수 있다.

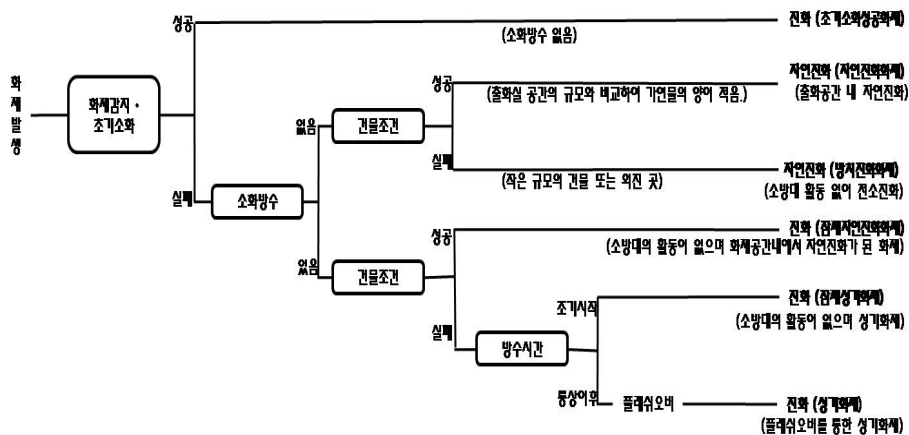


그림 2 건물화재의 이벤트 트리와 화재구분

따라서 이 규모와 화재발생확률과 화재실의 가연물 등의 조건을 사용하면, 화재 규모와 그 발생율을 파악할 수 있다. 화재규모는 화재의 원인 화재실의 가연물 양, 기상조건 방재설비의 유무 및 유지관리 상태, 화재인지, 초기소화, 소방활동 등의 다양한 조건에 의존한다. 이 들 중 화재인지, 초기 소화, 소방활동, 건물의 관리 상황 등 통계적으로 파악할 수밖에 없는 상황이므로 화재의 규모를 통계적으로 파악하기 위하여 소화조건을 중심으로 건물화재의 이벤트트리에 의한 화재의 구분을 그림1에 나타내었다.

#### ① 초기소화 성공 화재

화재통계에서 취급하고 있는 화재란 소화할 필요가 있는 연소현상이고, 어떠한 화재라고 하더라도 일반적으로 초기소화가 수행된다. 발생한 화재 중 출화실의 공간규모에 대하여, 가연물양이 적은 경우 자연적으로 진화될 조건이 충분하나, 이 경우에도 화재를 인지한 사람이 초기 소화할 것으로 판단된다. (초기소화에 성공하여 진화된 화재를 초기소화 성공화재라고 한다.)

#### ② 자연진화 화재 혹은 방치 진화 화재

전혀 사람이 인지하지 못한 상황에서 출화실 내에서 자연 진화 된 것으로 보고된 화재를 지칭하며, 이 경우는 화재인지, 초기화재의 실패한 후 소방방수가 없이 건물 조건이 양호하기 때문에 자연적으로 진화 된 것으로 이것을 자연 진화 화재라고 한다. 마찬가지로 소방대의 방수가 없이 자연 진화되는 화재 중에는 건물의 규모가 적기 때문에 또는 사람들이 인지한 경우에는 이미 전소하여 진화된 화재도 포함된다.

#### ③ 성기화재, 잠재 자연 진화 화재, 잠재 성기화재

초기화재에서 실패한 화재에서는 소방대의 방수에 의하여 소화되며, 소방대는 현장에 도착한 경우 초기소화가 성공한 화재 및 곧바로 자연 진화된 화재이외의 연소중의 모든 화재에 방수하여 소화에 임한다. 따라서, 소방대가 방수하는 화재에는 플래쉬오버를 걸친 성기화재외의 만약 소방 활동이 없으며, 출화실내에서 자연진화 될 것이었던 화재(잠재 자연 진화 화재 및 동일하게 소방활동이 없으면 성기화재가 될 잠재 성기 화재)도 포함된다.

이러한 분류한 방법으로서 연소 확대 성상 초기소화상황의 관계를 화재데이터로(표2)부터 검토한다. 본 연구에서는 혼소를 초기소화성공화재와 자연 진화 화재로 정의하고, 화재 발생율로부터 그러한 이유를 도시화하였으며, 잠재적으로 부분연소화재(초기소화실패화재)로 발전하는 것으로 고려하였다. 반면, 고층건축물은 일반건축물과 다른 관리 상태로 판단되며, 규모별로 발생 빈도로 할 수 있으며, 이점을 고려할 필요가 있다. 이 값은 소방활동 및 방화설비의 작동 등을 전제로 하지 않는 피해대책의 평가(Maxiam Provable Loss)를 행한 경우 전소화재로 발전될 것으로 판단되나(그림2), 현실적으로는 소방활동에 따른 소화가 조건이되므로 모든 화재가 가연물양의 완전히 탈 때까지 발전하는 것은 아니며 초기 소화 실패의 화재의 대부분은 부분연소로 된다.

따라서, 본 연구는 위험요인별의 화재성상을 공학적으로 예측하고 그 피해정도를 파악하는 것을 목적으로 한 것으로, 따라서 부분연소이상의 화재분류는 이것을 전제로 하여 추정할수 있다. 그 때 화재규모의 영향에 미치는 중요한 것으로 화재지속시간, 가연물양 및 방화설비등의 유무 등을 들 수 있다.

## 2.2 화재지속시간

화재의 규모는 진화될 때까지의 화재지속시간의 영향을 받는다. 방화설비의 작동을 전제로 하지 않는 화재 중 훈소 이외의 화재지속시간에는 방수로 진화될 때까지의 화재 지속시간과 가연물량의 전소시간으로 고찰할 수 있다.

표2. 용도별 연소확대 초기 소화상황

건물 용도	화재 건수	작은화재 (%)	초기진화		부분연소 화재(%)	초기진화 실패화재의 합 (%)
			성공화재(%)	자연진화 화재(%)		
사무소	102	80건(78.4)	47건 (46.1)	6건 (5.9)	22건(21.6)	48.0
호텔	17	15건(88.2)	13건 (76.5)	1건 (5.9)	2건 (11.8)	17.6
공동 주택	1190	992건(83.4)	613건(57.5)	101건(8.5)	198건(16.6)	34.0
초고층 (100m 이상)	44	4건(100.0)	36건 (81.8)	2건 (4.5)	0건(0.0)	13.7

전자는 1. 화재가 발생한 후로부터 통보될 때까지의 시간과 2(그림3). 통보를 받고 나서 소방대가 방수할 때까지의 시간(그림4) 3. 방수로 진화될 때까지의 시간(그림5)으로 나누어 고찰할 수 있다. 각각의 시간에는 분포가 있고, 이것을 종합하면, 화재지속시간의 분포를 얻을 수 있다. 그러나, 1과 2의 분포가 일반적으로 입수하기 어렵기 때문에 다음과 같이 가정한다. 1의 시간 분포는 출화된 화재를 인지할 때까지의 어느 정도 규모의 화재로 성장하고 난 후 통보한 것으로 판단한다. 2의 시간분포는 건물과 소방서의 거리에 의존하는 분포로 판단된다.

이상의 관점으로부터 1과 2는 대체적으로 일정한 시간으로 취급할 수 있으므로, 화재지속시간은 방수를 시작하고 나서 시간분포에 의존하는 것으로 판단되며, 그 분포 pi별로 온도 예측을 행한다(그림6). 단, 어느 일정 규모로 발전한 화재를 방수로 진화함으로써, 진화부근에서의 화재규모는 소방활동 개시와는 상이하고, 안전측으로 과대하게 평가하게 된다. 또한 다른 층으로 연소확대된 경우 방수개시 시점의 화재규모가 상이함으로 출화층의 방수로 진화될 때까지의 시간분포와는 상이하게 된다.

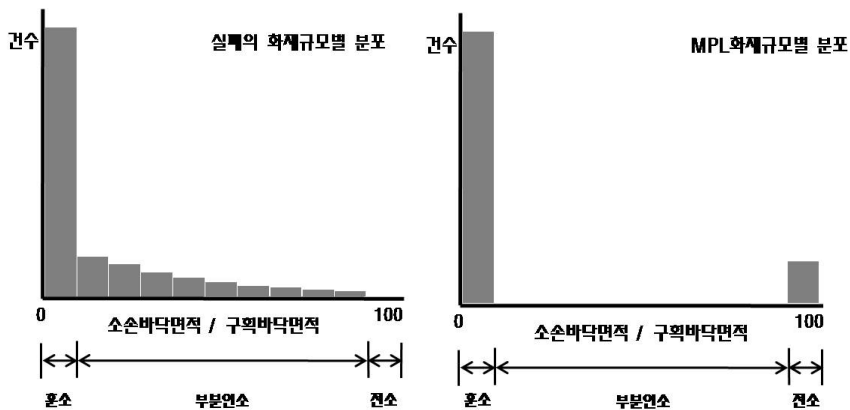


그림 3 화재규모의 분포

## 2.3 가연물량

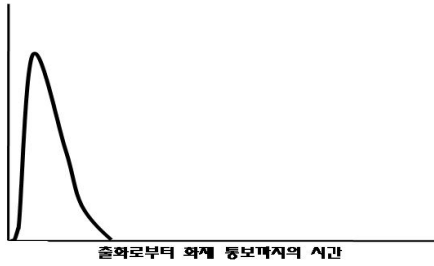


그림 4 출화로부터 통보시간의 (추정)

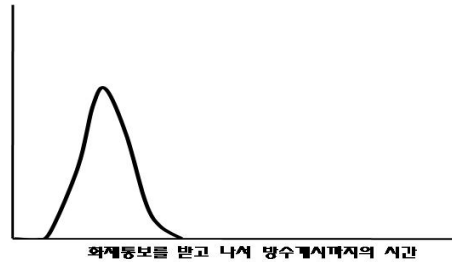


그림 5 통보로부터 방수개시시간

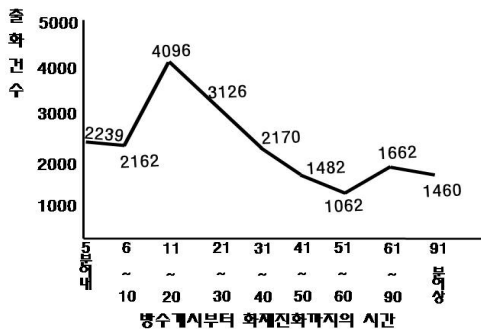


그림 6 방수개시로부터 방수진화시간

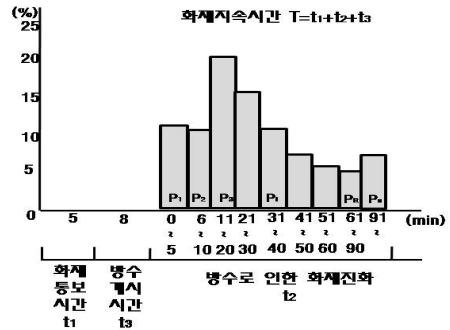


그림 7 화재지속기간의 분포

표 3 가연물조사결과

건물용도	실용도	적재가연물양(kg/m <sup>2</sup> )			표면적계수 φ의 평균값	조사 횟수
		범위	평균값	표준편차		
사무실	사무실	28.9~32.1 (30.0~41.0)	30.5 (34.6)	(4.4)	0.04	2 (6)
	회의실	3.0~13.6 (2.4~14.7)	6.7 (6.9)	(4.5)	0.2	10 (13)
	서고	157.3~226.0 (66.2~185.0)	191.6 (114.4)	(38.2)	0.02	2 (10)
	식당	3.0~3.1	3.05		0.22	3
호텔	객실	8.7~13.3	10.4	1.5	0.09	11
	연회실	2.2~5.9	3.9	1.5	0.21	3
	로비		2.7		0.16	1
주거	주방	0~113.1	23	17.4	0.04	255 (5)
	식당	61.9~149.4	28	19.5	0.1	326 (12)
	화장실	1.5~121.1	32.3	19.9	0.12	180 (7)
	침실	10.5~104.2	44.6	19.7	0.07	100 (19)
	수납	1.0~211.0	55.5	32.6	0.05	115 (8)

화재규모를 결정하는 지배적인 요인은 가연물 양이고, 완전히 연소할 때까지의 시간은 가연물의 연소 속도에 영향을 미치는 표면적에 의해 결정된다. 가연물은 평가 대상으로 그 양은 틀려지고 특히 어느 일정기간에 손실을 예측하는 경우 그 기간의 가연물의 양을 격력변화를 보호할 필요가 있다, 이용상의 분포와 더불어 종합적인 평가를 수행하여야 한다. 그러나, 가연물 분포는 데이터수의 한계가 있기 때문에 전기 분포를 사용하여 그 분포 비율  $P_i$ 별로 위험도 예측을 행한다. 이 경우 현실적으로 일어나지 않는 부분에는 평가하지 않는다.

## 2.4 화재규모별 발생율

훈소화재는 훈소규모의 분포에 따라 화재지속시간을 취하고, 위험도 예측을 행한다. 부분연소 이상의 화재에 대하여 다음과 같은 경우를 들 수 있다.

1) 소방활동과 방화설비의 작동을 동반하지 않는 화재 예측의 경우

전소화재의 위험도 예측은 조사결과부터 얻어진 표3의 가연물의 분포의 비율  $P_i$ 의 화재 규모에 따라서 행한다. 이때의 화재지속시간이라는 것은 가연물이 전부 연소되는 시간을 의미한다.

2) 방화설비의 작동을 동반하지 않는 경우

부분연소이상의 화재위험도 예측은 가연물 분포의 비율  $P_i$ 와 화재지속시간의 비율  $P_j$ 의 화재규모발생율에 대하여 실행한다. 이 때 사용하는 화재지속이라 함은 방수하여 진화될 때까지의 시간과 가연물이 전부 연소되는 시간 중 짧은 것으로 한다.

3) 방화설비의 작동을 전제로 하는 경우

이 경우의 위험도 예측은 방화설비 작동률과 그것이 작동하여 진화될 때까지의 화재지속시간의 분포의 비율별로 화재규모에 관하여 시행한다. 여기에서 화재지속시간이라 함은 방화설비의 작동에 의하여 진화 될 때까지의 시간으로 추가하는 것으로 한다.

## 3. 결론

초고층구조물에 사용될 예정인 화재위험성평가를 위한 연구의 일환으로서 전보에 이어 시나리오구축을 위하여 규모별화재발생빈도중 화재발생확률과 화재규모의 분류 및 화재지속시간과 가연물량 및 화재규모별의 발생율등의 조사를 통하여 통계적으로 추정하는 방법에 대하여 검토하였으며 이러한 데이터의 분포조사를 통하여 향후 한국의 데이터를 이용한 위험성평가기법의 구축이 요망된다.

## 참고문헌

1. 日本損害保險協會 & 東京理科大学 火災科学研究所, “超高層·高層建物の火災被害想定に関する調査研究”, 1994.06
2. 권영진외2인, (초)고층 건축물의 화재위험성 평가기법개발에 관한 연구(I), 2008년 한국화재소방학회 추계발표대회